

December 4, 2001

BOX PATENT APPLICATION
Commissioner for Patents
Washington, D.C. 20231

Re: Application of Chiaki GOTO
LASER LIGHT SOURCE
Assignee: FUJI PHOTO FILM CO., LTD.
Our Ref. Q66564

Jc760 U.S. PTO
10/000123
12/04/01

Dear Sir:

Attached hereto is the application identified above comprising fifty-five (55) sheets of the specification, including the claims and abstract, nineteen (19) sheets of drawings, executed Assignment and PTO 1595 form, and executed Declaration and Power of Attorney. Also enclosed is an Information Disclosure Statement and PTO 1449 form with references.

The Government filing fee is calculated as follows:

Total claims	<u>70</u> - 20	= <u>50</u> x	\$18.00 =	<u>\$900.00</u>
Independent claims	<u>1</u> - 3	= <u> </u> x	\$84.00 =	<u>\$0.00</u>
Base Fee				<u>\$740.00</u>
Multiple Dependent Claim Fee				<u>\$280.00</u>
TOTAL FILING FEE				\$1920.00
Recordation of Assignment				\$40.00
TOTAL FEE				\$1960.00

Checks for the statutory filing fee of \$1920.00 and Assignment recordation fee of \$40.00 are attached. You are also directed and authorized to charge or credit any difference or overpayment to Deposit Account No. 19-4880. The Commissioner is hereby authorized to charge any fees under 37 C.F.R. §§ 1.16 and 1.17 and any petitions for extension of time under 37 C.F.R. § 1.136 which may be required during the entire pendency of the application to Deposit Account No. 19-4880. A duplicate copy of this transmittal letter is attached.

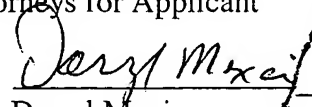
Priority is claimed from:

<u>Country</u>	<u>Application No</u>	<u>Filing Date</u>
Japanese Patent	2000-372286	December 7, 2000

The priority document is enclosed herewith.

Respectfully submitted,
SUGHRUE MION, PLLC

Attorneys for Applicant

By: 
Darryl Mexic
Registration No. 23,063

日 本 国 特 許 庁
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office

出 願 年 月 日
Date of Application:

2000年12月 7日

出 願 番 号
Application Number:

特願2000-372286

出 願 人
Applicant(s):

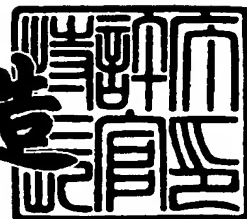
富士写真フイルム株式会社

10/000123
12/04/01
10/000123
12/04/01

2001年 9月28日

特 許 庁 長 官
Commissioner,
Japan Patent Office

及 川 耕 造



出証番号 出証特2001-3089442

【書類名】 特許願

【整理番号】 P25642J

【あて先】 特許庁長官 及川 耕造 殿

【国際特許分類】 H01L 33/00

【発明者】

【住所又は居所】 神奈川県足柄上郡開成町宮台 7 9 8 番地 富士写真フイルム株式会社内

【氏名】 後藤 千秋

【特許出願人】

【識別番号】 000005201

【氏名又は名称】 富士写真フイルム株式会社

【代理人】

【識別番号】 100073184

【弁理士】

【氏名又は名称】 柳田 征史

【選任した代理人】

【識別番号】 100090468

【弁理士】

【氏名又は名称】 佐久間 剛

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 008969

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 9814441

【ブルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 レーザー光源

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 半導体発光素子と、この半導体発光素子から発せられた光の波長を選択する波長選択素子を含む外部共振器とから構成されたレーザー光源において、

前記半導体発光素子の劈開された 2 つの端面のうち前記外部共振器を構成しない端面に対して、該半導体発光素子のストライプが斜めに形成され、

この外部共振器を構成しない端面に、発振波長に対する反射防止コートが施されていることを特徴とするレーザー光源。

【請求項 2】 前記波長選択素子として、波長選択した光を半導体発光素子に戻す機能を有するものが、該半導体発光素子の両側にそれぞれ 1 つずつ配置して用いられ、

これら 2 つの波長選択素子によって前記外部共振器が構成されていることを特徴とする請求項 1 記載のレーザー光源。

【請求項 3】 前記波長選択素子として、波長選択した光を半導体発光素子に戻す機能を有するものが 1 つ用いられ、

この波長選択素子と、前記半導体発光素子の該波長選択素子と反対側の端面とによって前記外部共振器が構成されていることを特徴とする請求項 1 記載のレーザー光源。

【請求項 4】 前記ストライプが途中で曲げられて、半導体発光素子の前記波長選択素子と反対側の端面に対して垂直に形成されていることを特徴とする請求項 3 記載のレーザー光源。

【請求項 5】 前記半導体発光素子または波長選択素子に光導波路素子が結合されていることを特徴とする請求項 1 から 4 いずれ 1 項記載のレーザー光源。

【請求項 6】 前記波長選択素子として、波長選択した光を半導体発光素子に戻す機能を有するものが、該半導体発光素子の一方側に配置して用いられ、

前記半導体発光素子の他方側に光導波路素子が配設され、

この光導波路素子の前記半導体発光素子と反対側の端面と前記波長選択素子と

によって前記外部共振器が構成されていることを特徴とする請求項 5 記載のレーザー光源。

【請求項 7】 前記光導波路素子が波長変換機能を有するものであることを特徴とする請求項 5 または 6 記載のレーザー光源。

【請求項 8】 前記波長選択素子による選択波長幅が、前記波長変換機能を有する光導波路素子の位相整合許容波長幅とほぼ同等であることを特徴とする請求項 5 から 7 いずれか 1 項記載のレーザー光源。

【請求項 9】 前記光導波路素子が外部共振器の中に配置されていることを特徴とする請求項 5 から 8 いずれか 1 項記載のレーザー光源。

【請求項 10】 前記光導波路素子の外部共振器を構成する端面が、その光導波路の延びる方向に対して垂直にカットされていることを特徴とする請求項 9 記載のレーザー光源。

【請求項 11】 前記光導波路素子の外部共振器を構成しない端面が、その光導波路の延びる方向に対して斜めにカットされていることを特徴とする請求項 9 記載のレーザー光源。

【請求項 12】 前記半導体発光素子または波長選択素子と光導波路素子とが直接結合されていることを特徴とする請求項 5 から 11 いずれ 1 項記載のレーザー光源。

【請求項 13】 前記波長選択素子が、光導波路部分に反射型ブラッグ・グレーティングを有する導波路型波長選択素子であることを特徴とする請求項 1 から 12 いずれか 1 項記載のレーザー光源。

【請求項 14】 前記波長選択素子と半導体発光素子とが直接結合されていることを特徴とする請求項 13 記載のレーザー光源。

【請求項 15】 前記外部共振器が、半導体発光素子の一端面と向き合わせて配置されたミラーと、該半導体発光素子の他端面とによって構成され、

前記波長選択素子が、前記ミラーと半導体発光素子との間に配置された狭帯域バンドパスフィルターからなることを特徴とする請求項 1 記載のレーザー光源。

【請求項 16】 前記半導体発光素子を高周波重畳して駆動する駆動回路を有することを特徴とする請求項 1 から 15 いずれか 1 項記載のレーザー光源。

【請求項 1 7】 前記外部共振器の縦モード間隔が前記波長選択素子の選択波長幅より小さく、前記高周波重畳によって前記選択波長幅内にあるマルチ縦モードで動作するように構成されたことを特徴とする請求項 1 から 1 6 いずれか 1 項記載のレーザー光源。

【請求項 1 8】 前記外部共振器を構成する要素を所定温度に保つ温度調節手段を有することを特徴とする請求項 1 から 1 7 いずれか 1 項記載のレーザー光源。

【発明の詳細な説明】

【0 0 0 1】

【発明の属する技術分野】

本発明はレーザー光源に関し、特に詳細には、半導体発光素子から発せられた光を、波長選択素子を含む外部共振器によって波長選択しつつ発振させるようにしたレーザー光源に関するものである。

【0 0 0 2】

【従来の技術】

従来、例えば特開平 1 0 - 2 5 4 0 0 1 号公報に示されるように、半導体レーザー等の半導体発光素子に狭帯域バンドパスフィルター等の波長選択素子を備えた外部共振器を組み合わせた構成を有し、この外部共振器の作用によって発振するレーザービームの波長を所望波長にロックするレーザー光源が公知となっている。ここで上記の外部共振器は、通常のミラーや、その他、例えば特願 2 0 0 0 - 1 9 6 1 6 6 号明細書に示されるように、光導波路に沿って形成した反射型ブラッグ・グレーティングにより導波光を波長選択しつつ反射回折させる導波路型の素子等を用いて構成することができる。

【0 0 0 3】

図 1 7 は、上記導波路型の素子を備えたレーザー光源の一例を示すものである。このレーザー光源は、半導体レーザーチップ 1 と、この半導体レーザーチップ 1 の劈開された一端面 1 a に直接接合された導波路型波長選択素子 2 とから構成されている。半導体レーザーチップ 1 は活性領域を含むストライプ 3 を有し、このストライプ 3 はチップ端面 1 a、1 b に対して垂直に形成されている。波長選

択素子2は、強誘電体基板にチャンネル光導波路4が形成され、このチャンネル光導波路4における光伝搬方向に沿ってDBR（分布ブラッグ反射型）グレーティング5が形成されてなるものである。

【0004】

そして半導体レーザーチップ1の端面1aおよび、波長選択素子2の両端面2a、2bにはそれぞれAR（反射防止）コートが、また半導体レーザーチップ1の別の端面1bにはHR（高反射）コートが施されている。

【0005】

上記構成のレーザー光源においては、半導体レーザーチップ1から発せられた光が波長選択素子2のチャンネル光導波路4に入射し、DBRグレーティング5によおいて反射回折する。そこで、このDBRグレーティング5と、半導体レーザーチップ1のHRコートが施された端面1bとによって外部共振器が構成され、該外部共振器で共振したレーザービーム6が波長選択素子2の端面2bから出射する。そして、DBRグレーティング5において反射回折する光の波長がグレーティング周期に対応して選択されるので、発振波長が、半導体レーザーチップ1の発光ゲインの中の所望値に選択、ロックされる。

【0006】

また上記特開平10-254001号公報には、半導体発光素子に光波長変換素子を結合し、発振したレーザービームをこの光波長変換素子によって第2高調波等に波長変換する技術も示されている。この光波長変換素子としては、例えば、非線形光学効果を有する強誘電体結晶基板に一方方向に延びる光導波路が形成されるとともに、この光導波路に基板の自発分極の向きを反転させたドメイン反転部が周期的に形成されてなり、該光導波路においてドメイン反転部の並び方向に導波する基本波を波長変換するものが知られている。

【0007】

【発明が解決しようとする課題】

ところで、上述のように波長選択素子を備えた外部共振器を半導体発光素子に組み合わせてなるレーザー光源においては、半導体発光素子の波長選択素子側の端面に、比較的容易に形成され得る反射率0.1%程度のAR（反射防止）コート

を施しても、そこでの残存反射により半導体発光素子のファブリペローモードが立ちやすく、そのため、外部共振器で選択される縦モードに影響が及んで発振波長が不安定になるという問題が認められている。

【 0 0 0 8 】

具体的には、波長選択素子から半導体発光素子への帰還光とは異なる波長で発振したり、外部共振器による縦モードと複合共振器（半導体発光素子の両端面で構成されるファブリペロー共振器と外部共振器とで構成される）による縦モードとの間でモードホップが生じたりすることがある。さらには、このモードホップの対策として半導体発光素子を高周波重畳をかけて駆動すると、それが外乱となって、波長選択素子から半導体発光素子への帰還光とは異なる波長で発振することもある。

【 0 0 0 9 】

この問題は特に、高出力を得るために半導体発光素子に高電流を注入する場合や、半導体発光素子の素子長が比較的長くてゲインが大きくなっている場合に生じやすい。

【 0 0 1 0 】

なお図 1 8 は、上記モードホップによって光出力が変動する様子を概略的に示すものである。また図 1 9 は発振スペクトルを概略的に示すものであり、(1)は比較的低出力時の状態を、また(2)比較的高出力時の状態を示している。

【 0 0 1 1 】

以上の問題を解決するために、例えば文献Appl.Phys.Lett.47(3),1, August 1985, pp.183-185に示されるように、実質的に外部共振器による選択波長のみで発振可能にしたレーザー光源も提案されている。このレーザー光源は、半導体発光素子と波長選択機能を持つ外部共振器とを直接結合し、そして、それらの直接結合される端面には選択される波長に対してAR（反射防止）コートを施したものである。そのようにすると、半導体発光素子の両端面でファブリペローモードが立ち難くなるので、外部共振器のみによってレーザービームが発振しやすくなる。

【 0 0 1 2 】

しかし、そのような構成を採用しても、半導体発光素子の両端面でファブリペローモードが立つことを完全に防止するのは困難になっている。

【0013】

本発明は上記の事情に鑑みてなされたものであり、半導体発光素子と、この半導体発光素子から発せられた光の波長を選択する波長選択素子を含む外部共振器とから構成されたレーザー光源において、選択された波長で安定して発振可能とすることを目的とする。

【0014】

【課題を解決するための手段】

本発明によるレーザー光源は、半導体発光素子と、この半導体発光素子から発せられた光の波長を選択する波長選択素子を含む外部共振器とから構成されたレーザー光源において、半導体発光素子の劈開された2つの端面のうち外部共振器を構成しない端面に対して、該半導体発光素子のストライプが斜めに形成され、そしてこの外部共振器を構成しない端面に、発振波長に対する反射防止コートが施されていることを特徴とするものである。

【0015】

なお上記2つの端面は、1つが外部共振器を構成する場合もあるし、2つとも外部共振器を構成しない場合もある。前者の場合は、外部共振器を構成しない方の端面に対してストライプを斜めに形成すればよいし、後者の場合は、2つの端面双方に対して、あるいは一方の端面のみに対してストライプを斜めに形成すればよい。

【0016】

また本発明のレーザー光源において、より具体的には、波長選択素子として、波長選択した光を半導体発光素子に戻す機能を有するものが、該半導体発光素子の両側にそれぞれ1つずつ配置して用いられ、これら2つの波長選択素子によって外部共振器が構成されるのが望ましい。

【0017】

あるいは、波長選択素子として、波長選択した光を半導体発光素子に戻す機能を有するものが1つ用いられた上で、この波長選択素子と、半導体発光素子の波

長選択素子と反対側の端面とによって外部共振器が構成されてもよい。

【 0 0 1 8 】

その場合、半導体発光素子のストライプは、半導体発光素子の波長選択素子と反対側の端面、つまり外部共振器を構成する端面に対して垂直となるように、途中で曲げられていることが望ましい。

【 0 0 1 9 】

以上のように1つの波長選択素子と半導体発光素子とによって、あるいは2つの波長選択素子によって外部共振器が構成される場合、それらの半導体発光素子または波長選択素子に対して、例えば波長変換機能を有する光導波路素子が結合されてもよい。

【 0 0 2 0 】

さらには、波長選択素子として、波長選択した光を半導体発光素子に戻す機能を有するものが、該半導体発光素子の一方側に配置して用いられ、

半導体発光素子の他方側に光導波路素子が配設され、

この光導波路素子の半導体発光素子と反対側の端面と、波長選択素子とによって外部共振器が構成されてもよい。この場合も光導波路素子としては、波長変換機能を有するものが好適に用いられる。

【 0 0 2 1 】

光導波路素子として波長変換機能を有するものを用いる場合、波長選択素子による選択波長幅は、この波長変換における位相整合許容波長幅とほぼ同等とされるのが望ましい。

【 0 0 2 2 】

そして上述のような光導波路素子は、外部共振器の中に配置されることが望ましい。

【 0 0 2 3 】

また上記光導波路素子において、半導体発光素子と反対側の端面、つまり外部共振器を構成する端面は、その光導波路の延びる方向に対して垂直にカットされていることが望ましい。

【 0 0 2 4 】

また、上述のような光導波路素子において、光導波路素子の外部共振器を構成しない端面が、その光導波路の延びる方向に対して斜めにカットされていることが望ましい。

【 0 0 2 5 】

そして上述のような光導波路素子は、半導体発光素子または波長選択素子と直接結合されていることが望ましい。

【 0 0 2 6 】

また波長選択素子としては、光導波路部分に前述の反射型ブラッグ・グレーティングを有する導波路型波長選択素子を好適に用いることができる。そのような導波路型波長選択素子あるいは上記光導波路素子と半導体発光素子とは、互いに直接結合されるのが望ましい。それは、導波路型波長選択素子と光導波路素子との結合についても同様である。この「直接結合」とは、2つの素子が、互いにレンズ光学系を介さないで結合されていることを指すものであり、結合される要素が物理的に互いに直接接していない場合も含むものである。

【 0 0 2 7 】

また、本発明のレーザー光源においては、半導体発光素子の一端面と向き合わせて配置されたミラーと、該半導体発光素子の他端面とによって外部共振器が構成された上で、波長選択素子として、上記ミラーと半導体発光素子との間に配置された狭帯域バンドパスフィルターが用いられてもよい。

【 0 0 2 8 】

他方、本発明のレーザー光源においては、半導体発光素子を高周波重畳して駆動する駆動回路が設けられることが望ましい。そしてその場合は、外部共振器の縦モード間隔が波長選択素子の選択波長幅より小さく、高周波重畳によって上記選択波長幅内にあるマルチ縦モードで動作するように構成されるのが望ましい。

【 0 0 2 9 】

さらに本発明のレーザー光源においては、外部共振器を構成する要素を所定温度に保つ温度調節手段が設けられることが望ましい。

【 0 0 3 0 】

【発明の効果】

本発明のレーザー光源においては、半導体発光素子の劈開された2つの端面のうち外部共振器を構成しない端面に、発振波長に対する反射防止コートが施されたことにより、これら2つの端面間での光閉じ込めが弱くなり、ファブリペローモードが立ち難くなる。

【0031】

その上さらに、外部共振器を構成しない端面に対して半導体発光素子のストライプが斜めに形成されたことにより、ストライプ部分を導波した光がその斜めに形成された端面で反射する際に、導波して来た方向とは別の向きに反射するようになるので、この端面と別の端面との間でファブリペローモードがさらに立ち難くなる。そこで本発明のレーザー光源は、外部共振器のみによって発振しやすくなり、そこに含まれる波長選択素子によって選択された波長で安定して発振可能となる。

【0032】

【発明の実施の形態】

以下、図面を参照して本発明の実施の形態を説明する。図1は、本発明の第1の実施形態によるレーザー光源の平面形状を示すものである。

【0033】

図示されるようにこの第1の実施形態のレーザー光源は、レーザービーム11を発するための半導体発光素子である半導体レーザーチップ10と、この半導体レーザーチップ10の劈開された一端面10a、他端面10b側にそれぞれ直接接合された導波路型の波長選択素子20、120とから構成されている。

【0034】

半導体レーザーチップ10は活性領域を含む光導波路からなるストライプ12を有し、波長1060nmにゲインピークを有する。また上記端面10a、端面10bにはそれぞれ、波長1060nmに対して反射率0.5%以下となるAR（反射防止）コートが施されている。この半導体レーザーチップ10の素子長は一例として0.75mm、その光導波路の実効屈折率は3.35である。

【0035】

そしてこの半導体レーザーチップ10のストライプ12は、端面10aおよび端面10

bに対して斜めに形成されている。本実施形態では、このストライプ12の延びる方向は、端面10aおよび端面10に垂直な方向に対して一例として3°傾けられている。

【0036】

第1の波長選択素子20は、例えばSiO₂基板21にSi₃O₄のチャンネル光導波路22が形成され、そしてこのチャンネル光導波路22における光伝搬方向に沿ってDBR（分布ブラッグ反射型）グレーティング23が形成されてなるものである。

【0037】

ここでDBRグレーティング23のピッチ $\Lambda g1$ は、導波光の波長を λ 、チャンネル光導波路22の実効屈折率を N_{eff} とすると

$$\Lambda g1 = q \lambda / 2 N_{eff} \quad (q = 1, 2, 3, \dots)$$

である。本例では $q = 1$ 、 $\lambda = 1060 \text{ nm}$ 、 $N_{eff} = 1.53$ として、 $\Lambda g1 = 346 \text{ nm}$ に設定されている。それによりこのDBRグレーティング23は、波長 $\lambda = 1060 \text{ nm}$ の光のみを選択的に反射回折させるものとなる。またこの第1の波長選択素子20の素子長は6mmでグレーティング長も6mmであり、DBRグレーティング23における波長1060nmに対する反射率は90%である。一般にこの反射率は、90%以上に設定するのが望ましい。

【0038】

そしてこの第1の波長選択素子20の半導体レーザーチップ10に直接結合される端面20aと、それと反対側の端面20bにはそれぞれ、波長1060nmに対して反射率0.5%以下となるAR（反射防止）コートが施されている。

【0039】

第2の波長選択素子120も、上述したSiO₂基板21と同様のSiO₂基板121にSi₃O₄のチャンネル光導波路122が形成され、そしてこのチャンネル光導波路122における光伝搬方向に沿ってDBRグレーティング123が形成されてなるものである。

【0040】

ここでチャンネル光導波路122の実効屈折率 N_{eff} は、第1の波長選択素子20

のチャンネル光導波路22と同様に1.53であり、したがってDBRグレーティング123のピッチ Λ_{g2} も同様に $\Lambda_{g2}=346\text{ nm}$ とされている。それによりこのDBRグレーティング123は、波長 $\lambda=1060\text{ nm}$ の光のみを選択的に反射回折させるものとなる。またこの波長選択素子120の素子長は 2 mm 、グレーティング長は素子長の半分の 1 mm であり、DBRグレーティング123における波長 1060 nm に対する反射率は15%である。一般にこの反射率は、5~30%程度の範囲内に設定するのが望ましい。

【0041】

そしてこの波長選択素子120の半導体レーザーチップ10に直接結合される端面120bと、それと反対側の端面120aにはそれぞれ、波長 1060 nm に対してこれも反射率0.5%以下となるAR（反射防止）コートが施されている。

【0042】

上述した通り半導体レーザーチップ10のストライプ12は、端面10aおよび端面10bに対して斜めに形成されているが、本実施形態では、このストライプ12を導波する光と第1の波長選択素子20のチャンネル光導波路22を導波する光との間でスネルの法則が満足されるように、チャンネル光導波路22も素子端面20aに対して斜めに形成されている。

【0043】

すなわち、端面10aに垂直な方向に対するストライプ12の傾き角は前述した通り 3° 、このストライプ12を構成する光導波路の実効屈折率は3.35、チャンネル光導波路22の実効屈折率は1.53であるから、素子端面20aに垂直な方向に対するチャンネル光導波路22の傾き角を 6.58° とすると、スネルの法則が満足される。

【0044】

さらに、ストライプ12を導波する光と、第2の波長選択素子120のチャンネル光導波路122を導波する光との間でスネルの法則が満足されるように、チャンネル光導波路122も素子端面120bに対して斜めに形成されている。ここで、素子端面120bに垂直な方向に対するチャンネル光導波路122の傾き角は、上記と同じように 6.58° である。

【 0 0 4 5 】

また、第 1 の波長選択素子 20 は、そのチャンネル光導波路 22 を導波する光のモードフィールド径が、半導体レーザーチップ 10 の発光のモードフィールド径とほぼ同等となる構成とされている。第 2 の波長選択素子 120 も、そのチャンネル光導波路 122 を導波する光のモードフィールド径が、半導体レーザーチップ 10 の発光のモードフィールド径とほぼ同等となる構成とされている。そのような構成とすることにより、半導体レーザーチップ 10 と第 1 の波長選択素子 20 との間、そして半導体レーザーチップ 10 と第 2 の波長選択素子 120 との間の導波光の結合効率を、最大限高くすることができる。

【 0 0 4 6 】

第 1 の波長選択素子 20 と半導体レーザーチップ 10 とは、チャンネル光導波路 22 の端面とストライプ 12 の端面どうしが対面して、端面 20 a と端面 10 a とが互いに近接する状態に配設されている。このときの端面 20 a と端面 10 a との間の距離は $1.5\mu\text{m}$ 以下とされる。なお、第 1 の波長選択素子 20 と半導体レーザーチップ 10 とは、端面 20 a と端面 10 a とが密接する状態に配設されてもよい。このように第 1 の波長選択素子 20 と半導体レーザーチップ 10 とを配設することにより両者は、各々における導波光が結合する直接結合 (butt coupling) 状態となる。

【 0 0 4 7 】

また第 2 の波長選択素子 120 と半導体レーザーチップ 10 も、チャンネル光導波路 122 の端面とストライプ 12 の端面どうしが対面して、端面 120 b と端面 10 b とが互いに近接する状態に配設されている。端面 120 b と端面 10 b との間の距離は $1.5\mu\text{m}$ 以下とされる。なお、波長選択素子 120 と半導体レーザーチップ 10 とは、端面 120 b と端面 10 b とが密接する状態に配設されてもよい。このように波長選択素子 120 と半導体レーザーチップ 10 とを配設することにより両者は、各々における導波光が結合する直接結合 (butt coupling) 状態となる。

【 0 0 4 8 】

以下、このレーザー光源の作用について説明する。半導体レーザーチップ 10 のストライプ 12 からは、中心波長 1060nm の光が両方向に発せられる。半導体レーザーチップ 10 の端面 10 a から出射したこの光は第 1 の波長選択素子 20 の光導波路

22内に入射してそこを導波し、DBRグレーティング23で反射回折して半導体レーザーチップ10に戻る。このとき、DBRグレーティング23の波長選択作用により、反射回折する光の波長が選択される。また、半導体レーザーチップ10の端面10bから出射したこの光は第2の波長選択素子120の光導波路122内に入射してそこを導波し、DBRグレーティング123で反射回折して半導体レーザーチップ10に戻る。このときも、DBRグレーティング123の波長選択作用により、反射回折する光の波長が選択される。

【0049】

以上のように第1の波長選択素子20と第2の波長選択素子120との間で光が折り返すことにより、これらの波長選択素子20および120の間でこの光が共振し、発振したレーザービーム11が得られる。このレーザービーム11の一部は、反射率が比較的低く設定された第2の波長選択素子120のDBRグレーティング123を通過し、この第2の波長選択素子120の端面120aから出射する。

【0050】

そして、DBRグレーティング23および123において反射回折する光の波長が選択されるので、発振波長を、半導体レーザーチップ10の発光ゲインの中の所望値に選択、ロックすることができる。

【0051】

特に本レーザー光源においては、半導体レーザーチップ10の端面10aおよび第1の波長選択素子20の端面20aにARコートが施され、また半導体レーザーチップ10の端面10bおよび第2の波長選択素子120の端面120bにもARコートが施され、その上、半導体レーザーチップ10の端面10aおよび10bに対してストライプ12が斜めに形成されているので、実質的に、半導体レーザーチップ10の両端面10a、10b間でファブリペローモードが立つことがなくなる。その詳しい理由は、先に述べた通りである。

【0052】

それに加えて、第1の波長選択素子20の端面20bおよび第2の波長選択素子120の端面120aにもARコートが施されているので、実質的に、半導体レーザーチップ10の端面10bと第1の波長選択素子20の端面20bとの間や、半導体レーザー

チップ10の端面10aと第2の波長選択素子120の端面120aとの間でファブリペローモードが立つこともなくなる。

【0053】

つまり本レーザー光源においては、レーザービーム11を反射回折させるDBRグレーティング23および123の間でファブリペロー型の外部共振器が構成され、実質的にこの共振器のみによってレーザービーム11が発振し、その発振波長はこの共振器による選択波長となる。なお図1には、この外部共振器が構成されている範囲を矢印Lで示してある（以下、同様）。

【0054】

より具体的に、本実施形態のレーザー光源では、幅広い出力範囲において、特に高出力時にも、波長選択素子20および120による選択波長以外の波長での発振は観察されず、発振波長を安定に制御することができた。つまり、幅広い注入電流範囲において、単一縦モードで駆動できた。

【0055】

なお本実施形態において、2つの波長選択素子20、120間の共振器モードの縦モード間隔は約0.1nmである。一方DBRグレーティング23および123の選択波長幅は、図4にその波長選択性を示す通り、FWHM（半値全幅）で0.12nmと、上記縦モード間隔とほぼ同等にした。また、レーザー光源の出力光を波長変換する場合は、波長変換の位相整合許容波長幅に対して、出力光の波長幅を同等以下とするのが望ましい。

【0056】

図2の(1)、(2)にはそれぞれ、本実施形態のレーザー光源を高周波重畳せずに通常に駆動した際の駆動電流対光出力特性と、発振スペクトルとを概略的に示してある。電流注入による共振器長変化に起因する縦モードのホップは比較的スムーズであり、そのため同図(1)に示される通り、モードホップによる出力変動は小さく抑えられ、出力が安定する電流範囲を比較的広く確保することができる。また、この図2の(2)と、前述した図19の(1)および(2)とを比べれば、本実施形態のレーザー光源が単一縦モードで安定して駆動していることが分かる。

【0057】

また図3の(1)、(2)にはそれぞれ、本実施形態のレーザー光源を高周波重畳駆動した際の駆動電流対光出力特性と、発振スペクトルとを概略的に示してある。同図の(1)から明確に分かる通り駆動電流対光出力特性は、図2(1)の高周波重畳駆動しない場合と比べると、モードホップによる光出力の変動も抑制されて、安定したものとなっている。このように高周波重畳駆動しても、図19の(2)に示した従来装置の場合とは異なり、モード切り替わり時のみ図3(3)のようになるが、それ以外では選択波長以外の波長で発振することはなく、図3(2)に示す通り単一縦モードで安定して駆動可能となっている。

【0058】

この第1実施形態のレーザー光源においては、半導体レーザーチップ10の両側に配した2つの波長選択素子20、120で外部共振器を構成しているので、特に強い波長選択性が得られる。

【0059】

なお本実施形態では波長選択素子として、特願2000-085973号および同2000-085974号明細書に開示されているような SiO_2 基板にチャンネル光導波路およびDBRグレーティングが形成されてなるものを用いたが、その他例えば、 MgO-LN (MgO がドーパされた LiNbO_3) 基板にチャンネル光導波路およびDBRグレーティングを形成してなる波長選択素子を用いることもできる。

【0060】

次に、上記第1実施形態のレーザー光源を実装してなる光源装置について、その概略側面形状を示す図5を参照して説明する。図示される通り本光源装置においては、レーザー光源の半導体レーザーチップ10、第1の波長選択素子20および第2の波長選択素子120が、それぞれ銅等の熱伝導性の高い金属からなるブロック41、42、43に保持されている。そして金属ブロック42および43は金属ブロック41に固定され、この金属ブロック41がペルチェ素子50の上面（温度制御面）上に固定されている。

【0061】

ここでブロック41とブロック42との相対位置、そしてブロック41とブロック43

との相対位置は、半導体レーザーチップ10のストライプ12とチャンネル光導波路22および122との間で導波光が最大効率で結合するように調整、固定される。

【 0 0 6 2 】

また、第2の波長選択素子120から発散光状態で出射したレーザービーム11を平行光化するコリメーターレンズ45と、平行光化されたレーザービーム11の一部を分岐させるビームスプリッタ46と、分岐されたレーザービーム11の強度を検出するフォトダイオード等からなる光検出器51とが設けられている。

【 0 0 6 3 】

以上説明した各要素は、埃等の影響を避けるために、パッケージベース60およびそれに被着されたパッケージカバー61からなるパッケージ内に収納されている。ビームスプリッタ46を透過したレーザービーム11は、パッケージカバー61に設けられた窓ガラス62を透過してパッケージ外に出射し、所定の用途に用いられる。

【 0 0 6 4 】

また、波長選択素子20、120の各DBRグレーティング23、123によって構成される外部共振器の近傍の温度を検出するサーミスタ52が設けられ、このサーミスタ52の温度検出信号S1は温度制御回路53に入力される。温度制御回路53はこの温度検出信号S1に対応したペルチェ素子駆動制御信号S2をペルチェ素子50に入力して、該ペルチェ素子50の駆動を制御する。それにより、上記外部共振器の近傍の温度が一定に保たれ、温度変化に伴う共振器長変化に起因する発振波長の変動が確実に防止される。

【 0 0 6 5 】

また上記光検出器51が出力する光強度検出信号S3は、半導体レーザー駆動制御回路54にフィードバック（帰還）される。半導体レーザー駆動制御回路54はこの光強度検出信号S3に基づいて、半導体レーザーチップ10に供給する駆動電流S4の値を変化させ、それによりレーザービーム11の光出力を所定の値に制御する。

【 0 0 6 6 】

そこでこの光源装置においては、幅広い注入電流範囲において単一縦モード駆

動できるので、レーザービーム11の光出力を所定の値に制御するために駆動電流S4の値が変化しても、モードホップが生じることがなくなり、このモードホップによるノイズの発生が防止される。

【0067】

この光源装置を階調画像形成装置の記録用光源等に適用する場合においては、高周波重畳駆動で直接変調動作させた際の変調出力の再現性も極めて良好なものとなる。

【0068】

次に図6を参照して、本発明の第2の実施形態によるレーザー光源について説明する。なおこの図6において、図1中の要素と同等の要素には同番号を付してあり、それらについての重複した説明は省略する（以下、同様）。

【0069】

この第2の実施形態のレーザー光源は、図1に示した第1実施形態のものと比較すると、半導体レーザーチップ10の端面10bに、第2の波長選択素子120に代えて光導波路素子130が直接結合されている点が異なるものであって、その他の構成は基本的に図1のものと同様とされている。

【0070】

光導波路素子130は、MgO-LN基板131にチャンネル光導波路132が形成されてなるものである。このチャンネル光導波路132の実効屈折率は、一例として2.2である。

【0071】

そしてこの光導波路素子130の半導体レーザーチップ10に直接結合される端面130bには、発振波長1060nmに対して反射率0.5%以下となるAR（反射防止）コートが施されている。一方、光導波路素子130の反対側の端面130aには、発振波長1060nmに対して反射率5～30%程度となるLR（低反射）コートが施されている。

【0072】

ここでも半導体レーザーチップ10のストライプ12は、端面10aおよび端面10bに対して斜めに形成されているが、本実施形態では、このストライプ12を導波す

る光と光導波路素子130のチャンネル光導波路132を導波する光との間でスネルの法則が満足される傾き角として、チャンネル光導波路132も素子端面130 b に対して斜めに形成されている。

【 0 0 7 3 】

一方、光導波路素子130の別の端面130 a は、そこで反射した導波光が進行して来た方向と正反対の方向に折り返すように、チャンネル光導波路132に対して垂直にカットされている。

【 0 0 7 4 】

また、光導波路素子130は、そのチャンネル光導波路132を導波する光のモードフィールド径が、半導体レーザーチップ10の発光のモードフィールド径とほぼ同等となる構成とされている。そのような構成とすることにより、半導体レーザーチップ10と光導波路素子130との間の導波光の結合効率を、最大限高くすることができる。

【 0 0 7 5 】

光導波路素子130と半導体レーザーチップ10とは、チャンネル光導波路132の端面とストライプ12の端面どうしが対面して、端面130 b と端面10 b とが互いに近接する状態に配設されている。端面130 b と端面10 b との間の距離は $1.5\mu\text{m}$ 以下とされる。なお、光導波路素子130と半導体レーザーチップ10とは、端面130 b と端面10 b とが密接する状態に配設されてもよい。このように光導波路素子130と半導体レーザーチップ10とを配設することにより両者は、各々における導波光が結合する直接結合 (butt coupling) 状態となる。

【 0 0 7 6 】

以下、このレーザー光源の作用について説明する。半導体レーザーチップ10のストライプ12からは、中心波長 1060nm の光が両方向に発せられる。半導体レーザーチップ10の端面10 a から出射したこの光は波長選択素子20の光導波路22内に入射してそこを導波し、DBRグレーティング23で反射回折して半導体レーザーチップ10に戻る。このとき、DBRグレーティング23の波長選択作用により、反射回折する光の波長が選択される。また、半導体レーザーチップ10の端面10 b から出射したこの光は光導波路素子130の光導波路132内に入射してそこを導波し、

一部が素子端面130 a で反射して半導体レーザーチップ10に戻る。

【 0 0 7 7 】

以上のように波長選択素子20のDBRグレーティング23と光導波路素子130の端面130 a との間で光が折り返すことにより、該DBRグレーティング23および端面130 a の間でこの光が共振し、発振したレーザービーム11が得られる。このレーザービーム11の一部は、反射率が比較的低く設定された光導波路素子130の端面130 a から出射する。

【 0 0 7 8 】

そしてこの場合も、DBRグレーティング23において反射回折する光の波長が選択されるので、発振波長を、半導体レーザーチップ10の発光ゲインの中の所望値に選択、ロックすることができる。

【 0 0 7 9 】

特に本レーザー光源においては、半導体レーザーチップ10の端面10 a および波長選択素子20の端面20 a にARコートが施され、また半導体レーザーチップ10の端面10 b および光導波路素子130の端面130 b にもARコートが施され、その上、半導体レーザーチップ10の端面10 a および10 b に対してストライプ12が斜めに形成されているので、実質的に、半導体レーザーチップ10の両端面10 a 、10 b 間でファブリペローモードが立つことがなくなる。その詳しい理由は、先に述べた通りである。

【 0 0 8 0 】

それに加えて、波長選択素子20の端面20 b および光導波路素子130の端面130 a にもARコートが施されているので、実質的に、半導体レーザーチップ10の端面10 b と波長選択素子20の端面20 b との間や、半導体レーザーチップ10の端面10 a と光導波路素子130の端面130 a との間でファブリペローモードが立つこともなくなる。

【 0 0 8 1 】

つまり本レーザー光源においては、レーザービーム11を反射回折させるDBRグレーティング23と、光導波路素子130の端面130 a との間でファブリペロー型の外部共振器が構成され、実質的にこの共振器のみによってレーザービーム11が発

振し、その発振波長はこのDBRグレーティング23による選択波長となる。

【0082】

なお本実施形態では光導波路素子130として、MgO-LN基板131にチャンネル光導波路132を形成してなるものを用いたが、ここでも、前述のSiまたは石英基板に屈折率が1.75～2.3程度のコア材料からなるチャンネル光導波路を形成してなる光導波路素子を用いることもできる。

【0083】

次に図7を参照して、本発明の第3の実施形態によるレーザー光源について説明する。この第3の実施形態のレーザー光源は、図6に示した第2実施形態のものと比較すると、半導体レーザーチップ10の端面10bに、光導波路素子130に代えて導波路型の光波長変換素子30が直接結合されている点が異なるものであって、その他の構成は基本的に図6のものと同様とされている。

【0084】

光波長変換素子30は、非線形光学効果を有するMgO-LN基板31に、そのZ軸と平行な自発分極の向きを反転させたドメイン反転部33が周期的に形成されてなる周期ドメイン反転構造と、この周期ドメイン反転構造に沿って延びるチャンネル光導波路32が形成されてなるものである。このチャンネル光導波路32の実効屈折率は、一例として2.2である。

【0085】

そしてこの光波長変換素子30の半導体レーザーチップ10に直接結合される端面30bには、波長1060nmのレーザービーム11に対して反射率0.5%以下となるAR（反射防止）コートが施されている。一方、光波長変換素子30の反対側の端面30aには、レーザービーム11に対してHR（高反射）となり、後述する第2高調波15に対してはARとなるコートが施されている。

【0086】

ここでも半導体レーザーチップ10のストライプ12は、端面10aおよび端面10bに対して斜めに形成されているが、本実施形態では、このストライプ12を導波する光と光波長変換素子30のチャンネル光導波路32を導波する光との間でスネルの法則が満足される傾き角として、チャンネル光導波路32も素子端面30bに対して

斜めに形成されている。

【 0 0 8 7 】

一方、光波長変換素子30の別の端面30 a は、そこで反射した導波光が進行して来た方向と正反対の方向に折り返すように、チャンネル光導波路32に対して垂直にカットされている。

【 0 0 8 8 】

また、光波長変換素子30は、そのチャンネル光導波路32を導波する光のモードフィールド径が、半導体レーザーチップ10の発光のモードフィールド径とほぼ同等となる構成とされている。そのような構成とすることにより、半導体レーザーチップ10と光波長変換素子30との間の導波光の結合効率を、最大限高くすることができる。

【 0 0 8 9 】

光波長変換素子30と半導体レーザーチップ10とは、チャンネル光導波路32の端面とストライプ12の端面どうしが対面して、端面30 b と端面10 b とが互いに近接する状態に配設されている。端面30 b と端面10 b との間の距離は $1.5\mu\text{m}$ 以下とされる。なお、光波長変換素子30と半導体レーザーチップ10とは、端面30 b と端面10 b とが密接する状態に配設されてもよい。このように光波長変換素子30と半導体レーザーチップ10とを配設することにより両者は、各々における導波光が結合する直接結合 (butt coupling) 状態となる。

【 0 0 9 0 】

以下、このレーザー光源の作用について説明する。半導体レーザーチップ10のストライプ12からは、中心波長 1060nm の光が両方向に発せられる。半導体レーザーチップ10の端面10 a から出射したこの光は波長選択素子20の光導波路22内に入射してそこを導波し、DBRグレーティング23で反射回折して半導体レーザーチップ10に戻る。このとき、DBRグレーティング23の波長選択作用により、反射回折する光の波長が選択される。また、半導体レーザーチップ10の端面10 b から出射したこの光は光波長変換素子30の光導波路32内に入射してそこを導波し、大部分が素子端面30 a で反射して半導体レーザーチップ10に戻る。

【 0 0 9 1 】

以上のように波長選択素子20のDBRグレーティング23と光波長変換素子30の端面30aとの間で光が折り返すことにより、該DBRグレーティング23および端面30aの間でこの光が共振し、発振したレーザービーム11が得られる。このレーザービーム11は、光波長変換素子30に基本波として入射し、前述の周期ドメイン反転構造によって疑似位相整合が取られて、波長が $1/2$ の第2高調波15に変換される。この第2高調波15は、光波長変換素子30の端面30aから出射する。

【0092】

この第3の実施形態においても、幅広い出力範囲において、特に高出力時にも、波長選択素子20による選択波長以外の波長での発振は観察されず、発振波長を安定に制御することができた。つまり、幅広い注入電流範囲において、発振波長を波長変換の波長許容幅内に制御できた。

【0093】

なお本実施形態において、外部共振器の縦モード間隔は約0.02nmである。一方DBRグレーティング23の選択波長幅はFWHM（半値全幅）で0.12nmであり、光波長変換素子30の波長変換における位相整合許容波長幅は同様に0.12nmである。本例においては、基本波であるレーザービーム11の発振波長が、この波長変換における位相整合許容波長幅内で安定しているので、安定した出力の第2高調波15を得ることができる。また、光波長変換素子30を外部共振器の中に配置しているので、外部共振器の縦モード間隔を狭くすることができ、それにより、安定したマルチモード発振が可能になる。

【0094】

ここで、本実施形態のレーザー光源を高周波重畳駆動した際の駆動電流と第2高調波光出力との関係を図8に、発振スペクトルを図9にそれぞれ概略的に示す。図8に示されている通り、第2高調波光出力はモードホップによる不連続な出力変化も抑制されて、安定したものとなっている。また図9に示されている通り、このレーザー光源に対して高周波重畳による摂動を与えても、波長選択素子20による選択波長以外の波長での発振は観察されず、発振波長を安定に制御することができた。

【0095】

このようにレーザービーム11を第2高調波15に変換して出力する場合は、第2高調波出力が基本波出力の2乗に比例するという事情があるため、半導体レーザーチップ10の発振波長変化に起因するモードホップによって第2高調波出力が特に大きく変動したり、駆動電流対第2高調波出力特性の再現性が著しく不良となりやすいが、本実施形態ではこの発振波長の変化やモードホップを確実に抑制できるから、第2高調波15の出力変動等を防止できる効果が特に高いものとなる。

【0096】

次に、上記第3実施形態のレーザー光源を実装してなる光源装置について、その概略側面形状を示す図10を参照して説明する。図示される通り本光源装置において、半導体レーザーチップ10および波長選択素子20は、それぞれ銅等の熱伝導性の高い金属からなるブロック41、42に保持されている。また光波長変換素子30も、銅等の熱伝導性の高い金属からなるブロック43に保持されている。そして金属ブロック42を固定した金属ブロック41がさらに金属ブロック43に固定され、この金属ブロック43がペルチェ素子50の上面（温度制御面）上に固定されている。波長選択素子20によって選択される波長は素子の温度によって変化し、それにより半導体レーザーチップ10の発振波長が変化するので、それを防ぐために、上述のように外部共振器を構成する素子を温度調節することが好ましい。

【0097】

光波長変換素子30の端面30aからは、この光波長変換素子30に基本波として入力されたレーザービーム11と第2高調波15とが出射するが、レーザービーム11は、コリメーターレンズ45とビームスプリッタ46との間に配された基本波カットフィルタ47によってカットされる。したがってこの場合は、ビームスプリッタ46により一部分岐された第2高調波15の光強度が光検出器51によって検出され、半導体レーザー駆動制御回路54により、第2高調波15の光強度が所定の値となるように半導体レーザーチップ10の駆動が制御される。

【0098】

なお本例の光源装置において、基本波としてのレーザービーム11の波長は1060 nmであるので、第2高調波15は波長が530 nmの緑色光となる。勿論、波長はそれに限られるものではなく、その他例えば波長470 nmの青色光が必要とされ

る場合は、940 nm にゲインピークを有する半導体発光素子、選択波長が940 nm である波長選択素子、および波長変換の位相整合波長許容幅に940 nm を含んでいる光波長変換素子を用いればよい。

【0099】

次に図11を参照して、本発明の第4の実施形態によるレーザー光源について説明する。図示されるようにこの第4の実施形態のレーザー光源は、図1の装置で用いられたものと同様の波長選択素子20と、図1の装置で用いられた半導体レーザーチップ10と類似した半導体レーザーチップ10' とが直接結合されてなるものである。

【0100】

半導体レーザーチップ10' は図1の半導体レーザーチップ10と比較すると、ストライプ12' が途中で曲がった形状とされている点、および、波長選択素子20と反対側の素子端面10bに、発振波長1060 nm に対する反射率が5～30%程度であるLR（低反射）コートが施されている点が異なるものである。

【0101】

ストライプ12' は上述のように途中で曲がった形状とされて、素子端面10bに対しては垂直となっている。またこのストライプ12' の素子端面10aに対する傾き角は、図1の半導体レーザーチップ10におけるストライプ12の傾き角と同じである。つまり、このストライプ12' を導波する光と波長選択素子20のチャンネル光導波路22を導波する光との間でスネルの法則が満足されるようになっている。

【0102】

この構成のレーザー光源においては、半導体レーザーチップ10' から発せられた光の一部が素子端面10bで反射して、進行して来た方向と反対方向に折り返す。そこで、この素子端面10bと波長選択素子20のDBRグレーティング23とによって外部共振器が構成される。そして発振波長は、DBRグレーティング23による選択波長に選択、ロックされる。このようにして発振したレーザービーム11は、半導体レーザーチップ10' の素子端面10bから出射する。

【0103】

本レーザー光源においても、半導体レーザーチップ10' の端面10aおよび波長

選択素子20の端面20aにARコートが施され、また半導体レーザーチップ10'の端面10aに対してストライプ12'が斜めに形成されているので、実質的に、半導体レーザーチップ10'の両端面10a、10b間でファブリペローモードが立つことがなくなる。

【0104】

次に図12を参照して、本発明の第5の実施形態によるレーザー光源について説明する。図示されるようにこの第5の実施形態のレーザー光源は、図1の装置で用いられたものと同様の波長選択素子20と、図1の装置で用いられた半導体レーザーチップ10と類似した半導体レーザーチップ10''と、図7の装置で用いられた光波長変換素子30と類似した光波長変換素子30'と、上記と同様の波長選択素子20とがこの順に直接結合されてなるものである。

【0105】

半導体レーザーチップ10''は図1の半導体レーザーチップ10と比較すると、ストライプ12''が途中で2箇所曲がった形状とされている点が異なるものである。ストライプ12''のチップ端面10a側の端部の角度は、このストライプ12''を導波する光と波長選択素子20のチャンネル光導波路22を導波する光との間でスネルの法則が満足される角度とされている。またストライプ12''のチップ端面10b側の端部の角度は、このストライプ12''を導波する光と光波長変換素子30'のチャンネル光導波路32を導波する光との間でスネルの法則が満足される角度とされている。

【0106】

一方光波長変換素子30'は、図7の装置で用いられた光波長変換素子30と比較すると、素子端面30aが斜めにカットされていない（つまりチャンネル光導波路32に対して垂直に形成されていない）点、および、この端面30aに発振波長に対するARコートが施されている点が異なるものである。

【0107】

この構成のレーザー光源においては、半導体レーザーチップ10''から左右両方向に発せられた光の一部がそれぞれ2つの波長選択素子20のDBRグレーティング23で反射回折する。つまり本例では、2つの波長選択素子20、20のDBRグレ

ーティング23, 23によって外部共振器が構成される。そして発振波長は、DBR
グレーティング23, 23による選択波長に選択、ロックされる。

【0108】

このようにして発振したレーザービーム11は、光波長変換素子30' によって波
長が1/2の第2高調波15に変換される。光波長変換素子30' の半導体レーザー
チップ10" 側の端面30bには、この第2高調波15に対してはHRでレーザービー
ム11に対してはARとなるコートが施されており、第2高調波15は図中右側の波
長選択素子20の端面20bから出射する。

【0109】

本実施形態のレーザー光源においても、半導体レーザーチップ10" の端面10a
および波長選択素子20の端面20aに発振波長に対するARコートが施され、また
半導体レーザーチップ10" の端面10bおよび光波長変換素子30' の端面30bにも
発振波長に対するARコートが施され、その上、半導体レーザーチップ10" の端
面10aおよび10bに対してストライプ12" が斜めに形成されているので、実質的
に、半導体レーザーチップ10の両端面10a、10b間でファブリペローモードが立
つことがなくなる。

【0110】

本実施形態において、2つの波長選択素子20のDBRグレーティング23の選択
波長幅はFWHM（半値全幅）でともに0.12nmである（図4(a)参照）。このよう
な波長選択素子20を半導体レーザーチップ10" の両側に配置すると、総合した波
長特性は図4(a)の波長特性を2乗したものとなるため、選択波長幅は0.1nmと
なる（図4(b)参照）。また、半導体レーザーチップ10" 等の半導体発光素子の
両側に配置する波長選択素子の選択中心波長を互いに0.数nm程度僅かにずら
すことによってさらに狭帯域化できるなど、2つの波長選択素子を用いる場合は
、設計の自由度を大きくできるという利点がある。

【0111】

なお、以上説明のようにストライプ12" が途中で2箇所曲がった形状とされた
半導体レーザーチップ10" は、先に説明した図1の第1の実施形態において、半
導体レーザーチップ10に代えて用いることも可能である。その場合は、第2の波

長選択素子120のチャンネル光導波路122の傾きを反対、つまり図1において右上がりとなる傾きにすればよい。これは、図6の第2の実施形態や図7の第3の実施形態についても同様である。

【0112】

次に図13を参照して、本発明の第6の実施形態によるレーザー光源について説明する。図示されるようにこの第6の実施形態のレーザー光源は、図12の装置において、半導体レーザーチップ10” およびその左側の波長選択素子20に代えて、1つの半導体レーザーチップ10’ が適用された形のものである。この半導体レーザーチップ10’ は、図11の装置におけるものと同様のものである。

【0113】

そして上記半導体レーザーチップ10’ の光波長変換素子30’ 側の端面10aとその反対側の端面10bにはそれぞれ、発振波長に対するARコート、HRコートが施されている。また光波長変換素子30’ の両端面30a, 30bおよび波長選択素子20の両端面20a, 20bには、発振波長に対するARコートが施されている。それにより本装置においては、半導体レーザーチップ10’ の上記端面10bと波長選択素子20のDBRグレーティング23とによって外部共振器が構成されている。

【0114】

本実施形態において、半導体レーザーチップ10’、光波長変換素子30’ および波長選択素子20の素子長はそれぞれ0.75mm, 10mmおよび5mmである。また外部共振器の縦モード間隔は約0.02nm、DBRグレーティング23の選択波長幅はFWHM（半値全幅）で0.12nm、光波長変換素子30’ の波長変換における位相整合許容波長幅は同様に0.12nmである。本例においては、基本波であるレーザービーム11の発振波長が、この波長変換における位相整合許容波長幅内で安定しているので、安定した出力の第2高調波15を得ることができる。

【0115】

また、本実施形態のレーザー光源を高周波重畳駆動した場合は、第3実施形態のレーザー光源と同様に、広い駆動電流範囲で安定したマルチモード発振を実現でき、またモードホップによる不連続な出力変化も抑制されて、安定した出力を得ることができる。

【0 1 1 6】

次に図 1 4 を参照して、本発明の第 7 の実施形態によるレーザー光源について説明する。図示されるようにこの第 7 の実施形態のレーザー光源は、図 1 3 の装置において、波長選択素子 20 と光波長変換素子 30' の配置位置が逆にされた形のものである。したがって本装置でも、半導体レーザーチップ 10' の端面 10 b と波長選択素子 20 の DBR グレーティング 23 とによって外部共振器が構成されている。このような形態でも、基本的に図 1 3 の装置におけるのと同様の効果を得ることができる。

【0 1 1 7】

次に図 1 5 を参照して、本発明の第 8 の実施形態によるレーザー光源について説明する。図示されるようにこの第 8 の実施形態のレーザー光源は、図 1 1 の第 4 実施形態の装置に、半導体レーザーチップ 10' と直接結合する光波長変換素子 30'' が付加された形のものである。

【0 1 1 8】

光波長変換素子 30'' は、基本的には図 7 に示した光波長変換素子 30 と同様の構成を有するものであるが、そのチャンネル光導波路 32 は素子端面 30 b に対して垂直となるように形成されている。また、この光波長変換素子 30'' の別の端面 30 a は、チャンネル光導波路 32 に対して斜めにカットされている。

【0 1 1 9】

半導体レーザーチップ 10' および波長選択素子 20 の各端面には、図 1 1 の装置におけるものと同様のコートが施されている。一方、光波長変換素子 30'' の半導体レーザーチップ 10' と直接結合する端面 30 b には、基本波としてのレーザービーム 11 に対して AR で、第 2 高調波 15 に対して HR となるコートが施されている。また光波長変換素子 30'' の反対側の端面 30 a には、レーザービーム 11 に対して HR で、第 2 高調波 15 に対して LR となるコートが施されている。

【0 1 2 0】

このレーザー光源においても、半導体レーザーチップ 10' の端面 10 b と波長選択素子 20 の DBR グレーティング 23 とによって外部共振器が構成される。そして発振したレーザービーム 11 は光波長変換素子 30'' に入射して第 2 高調波 15 に変換

され、この第2高調波15が光波長変換素子30”の端面30aから出射する。

【0121】

本装置においても、発振波長および出力の安定化等については、図11の第4実施形態の装置におけるのと同様の効果が得られる。また本装置では、光波長変換素子30”の光出射側の端面30aが、その光導波路32の延びる方向に対して斜めにカットされているので、この端面30aで反射した光が光導波路32に再入射することがなくなる。そうであれば、この再入射した光が半導体レーザーチップ10’にいわゆる戻り光となって入射することがなくなるので、この戻り光によるノイズの発生や出力変動の問題を防止することができる。

【0122】

次に図16を参照して、本発明の第9の実施形態によるレーザー光源について説明する。図示されるようにこの第9の実施形態のレーザー光源は、図11および図15の装置で用いられたものと同様の半導体レーザーチップ10’と、この半導体レーザーチップ10’の後方端面10aから発散光状態で出射したレーザービーム11を平行光化するコリメーターレンズ70と、平行光となったレーザービーム11を集光する集光レンズ71と、この集光レンズ71によるレーザービーム11の収束位置に配されて該レーザービーム11を反射させるミラー72と、上記コリメーターレンズ70と集光レンズ71との間に配された狭帯域バンドパスフィルター73とから構成されている。

【0123】

半導体レーザーチップ10’の後方端面10a、前方端面10bにはそれぞれ、発振波長に対するARコート、LRコートが施されている。またストライプ12’の後方端面10aに近い部分は、この端面10aに対して斜めに形成されている。そしてこのストライプ12’は途中で曲げられて、前方端面10bに対しては垂直となるように形成されている。

【0124】

上記の構成においては、ミラー72で反射したレーザービーム11が半導体レーザーチップ10’に戻され、そしてその際該レーザービーム11は狭帯域バンドパスフィルター73によって波長選択されるので、発振波長がこの選択された波長にロッ

クされる。

【 0 1 2 5 】

そしてこの場合も、半導体レーザーチップ10'の後方端面10aに発振波長に対するARコートが施された上で、該後方端面10aに対してストライプ12'が斜めに形成されていることにより、半導体レーザーチップ10'の両端面間でファブリペローモードが立つことが抑制され、既述の各実施形態におけるのと同様の効果が得られる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】

本発明の第1実施形態によるレーザー光源を示す概略平面図

【図 2】

上記第1実施形態のレーザー光源における駆動電流値対光出力特性(1)と、発振スペクトル(2)を概略的に示すグラフ

【図 3】

上記第1実施形態のレーザー光源を高周波重畳駆動した際の駆動電流値対光出力特性(1)と、通常動作時の発振スペクトル(2)と、モード切り替わり時の発振スペクトル(3)とを概略的に示すグラフ

【図 4】

上記第1実施形態のレーザー光源に用いられた導波路型波長選択素子の波長選択特性を示すグラフ

【図 5】

上記第1実施形態のレーザー光源を実装してなる光源装置の一部破断側面図

【図 6】

本発明の第2実施形態によるレーザー光源を示す概略平面図

【図 7】

本発明の第3実施形態によるレーザー光源を示す概略平面図

【図 8】

上記第3実施形態のレーザー光源を高周波重畳駆動した際の駆動電流値対光出力特性を概略的に示すグラフ

【図 9】

上記第 3 実施形態のレーザー光源を高周波重畳駆動した際の発振スペクトルを概略的に示すグラフ

【図 1 0】

上記第 3 実施形態のレーザー光源を実装してなる光源装置の一部破断側面図

【図 1 1】

本発明の第 4 実施形態によるレーザー光源を示す概略平面図

【図 1 2】

本発明の第 5 実施形態によるレーザー光源を示す概略平面図

【図 1 3】

本発明の第 6 実施形態によるレーザー光源を示す概略平面図

【図 1 4】

本発明の第 7 実施形態によるレーザー光源を示す概略平面図

【図 1 5】

本発明の第 8 実施形態によるレーザー光源を示す概略平面図

【図 1 6】

本発明の第 9 実施形態によるレーザー光源を示す概略側面図

【図 1 7】

従来のレーザー光源の一例を示す概略平面図

【図 1 8】

図 1 7 のレーザー光源における駆動電流対光出力特性を概略的に示すグラフ

【図 1 9】

図 1 7 のレーザー光源の低出力時(1)および高出力時(2)の発振スペクトルを概略的に示すグラフ

【符号の説明】

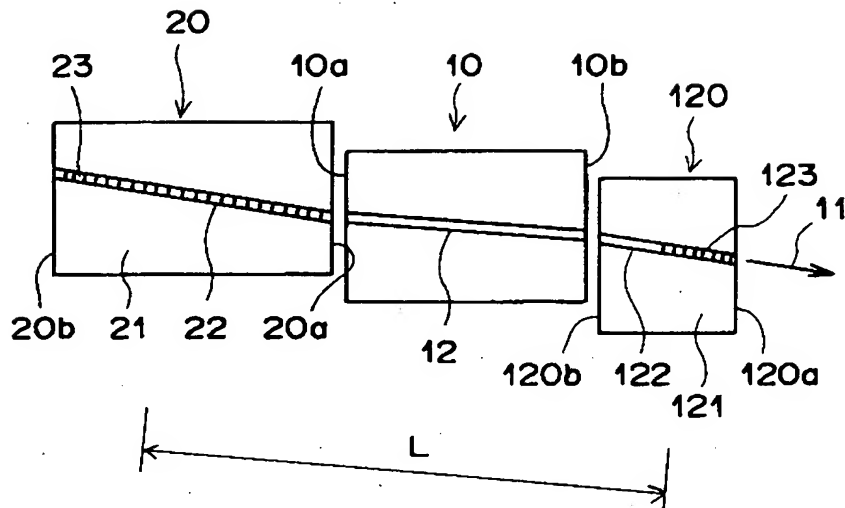
- 10、10'、10'' 半導体レーザーチップ
- 10 a、10 b 半導体レーザーチップの端面
- 11 レーザービーム
- 12 半導体レーザーチップのストライプ

- 15 第 2 高調波
- 20、120 導波路波型長選択素子
- 20 a、20 b、120 a、120 b 波長選択素子の端面
- 21、121 SiO_2 基板
- 22、122 波長選択素子の光導波路
- 23、123 DBR グレーティング
- 30、30'、30'' 光波長変換素子
- 30 a、30 b 光波長変換素子の端面
- 31 MgO-LN 基板
- 32 光波長変換素子の光導波路
- 33 ドメイン反転部
- 41、42、43 金属ブロック
- 45 コリメーターレンズ
- 46 ビームスプリッター
- 47 基本波カットフィルタ
- 50 ペルチェ素子
- 51 光検出器
- 52 サーミスタ
- 53 温度制御回路
- 54 半導体レーザー駆動制御回路
- 60 パッケージベース
- 61 パッケージカバー
- 62 窓ガラス
- 70 コリメーターレンズ
- 71 集光レンズ
- 72 ミラー
- 73 狭帯域バンドパスフィルター
- 130、130'、130'' 光導波路素子
- 130 a、130 b 光導波路素子の端面

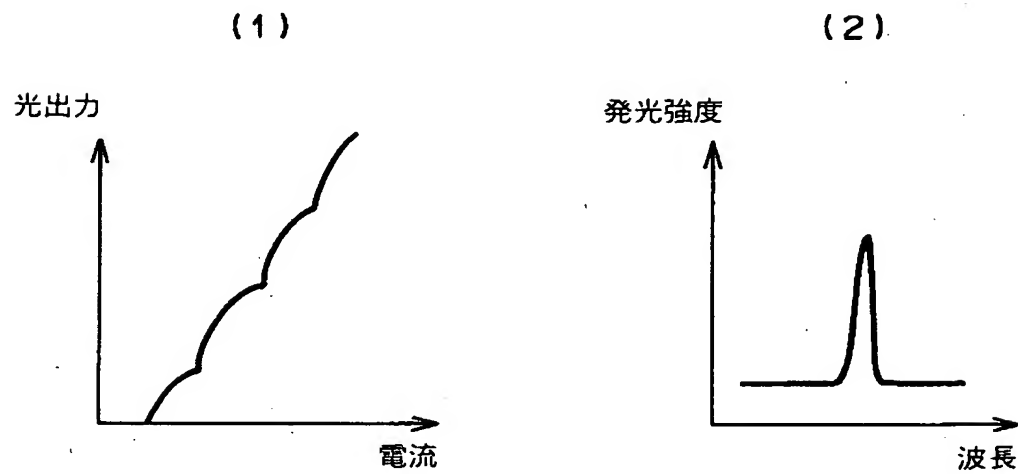
- 131 MgO-LN基板
- 132 光導波路素子の光導波路

【書類名】 図面

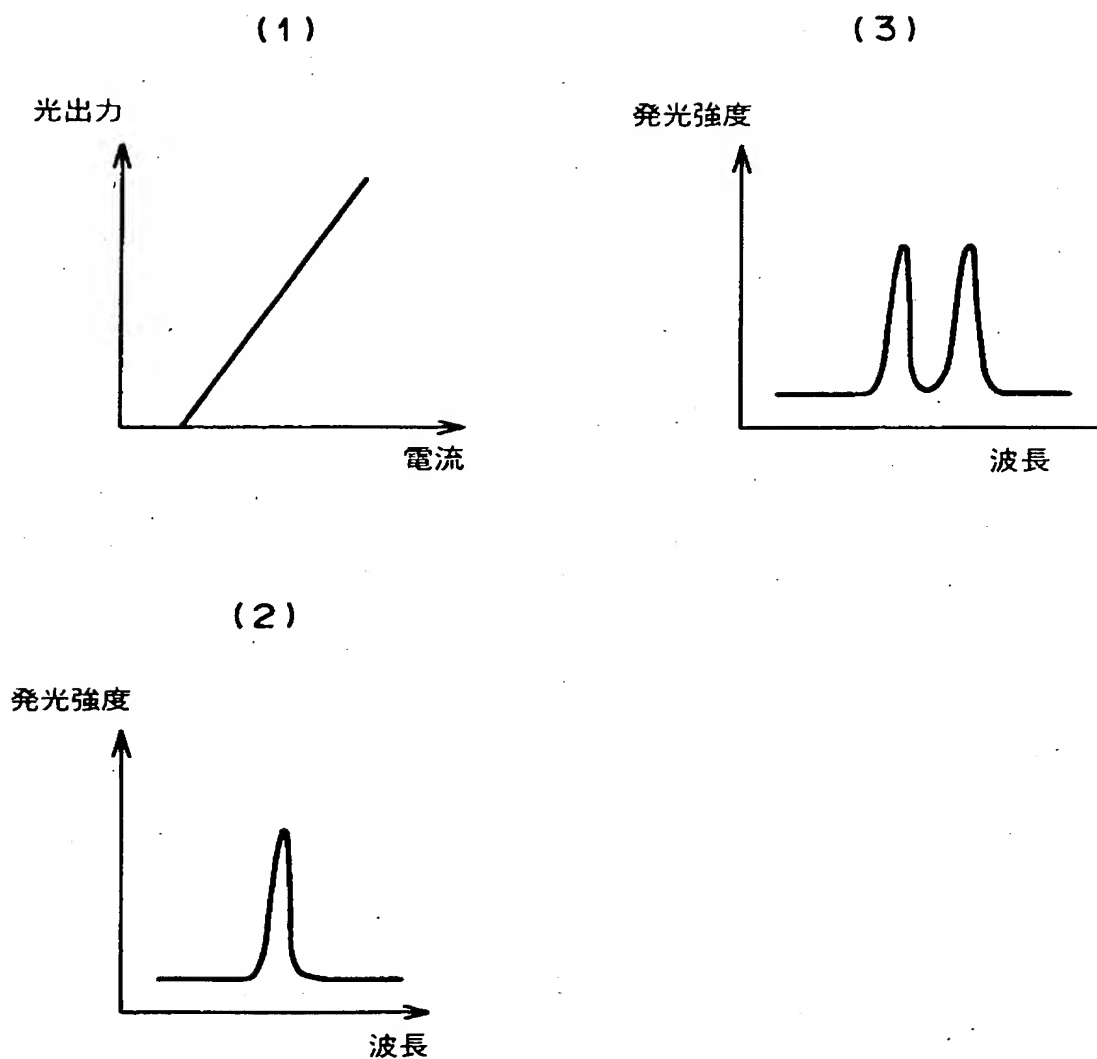
【図1】



【図2】

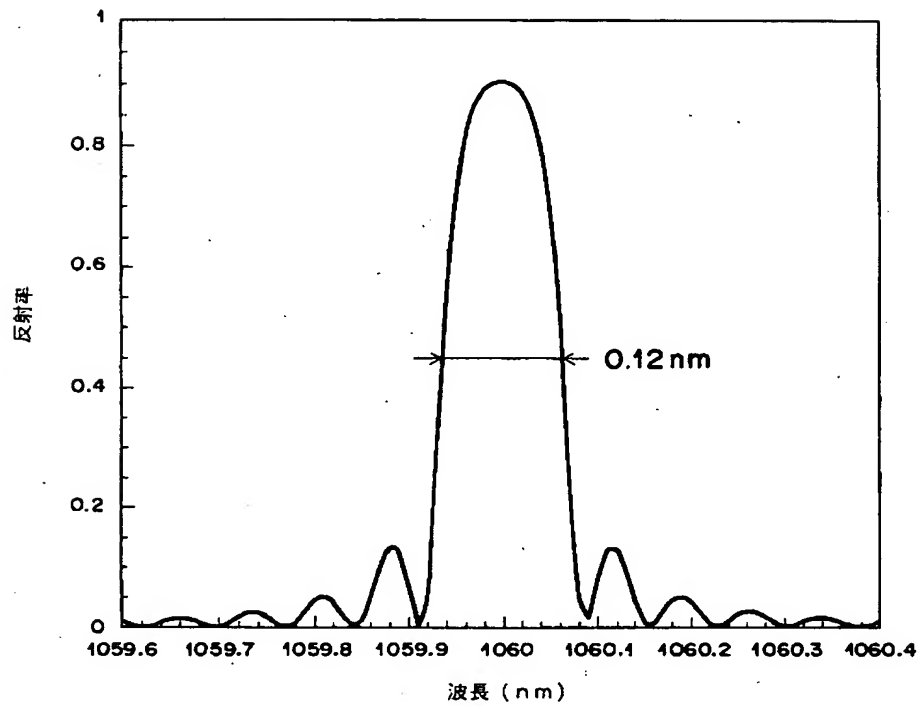


【図 3】

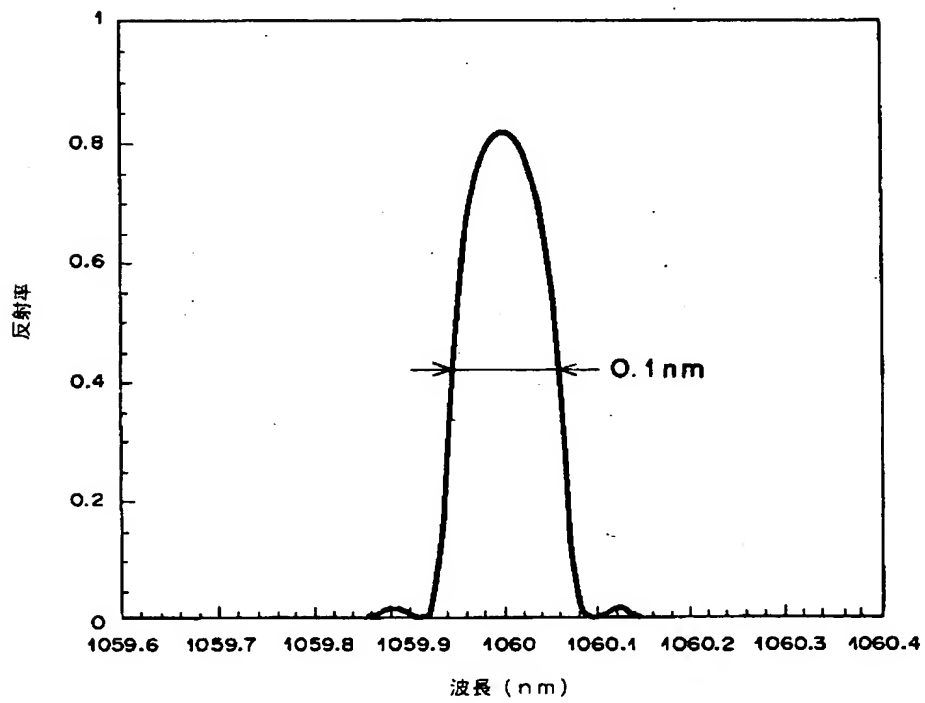


【図 4】

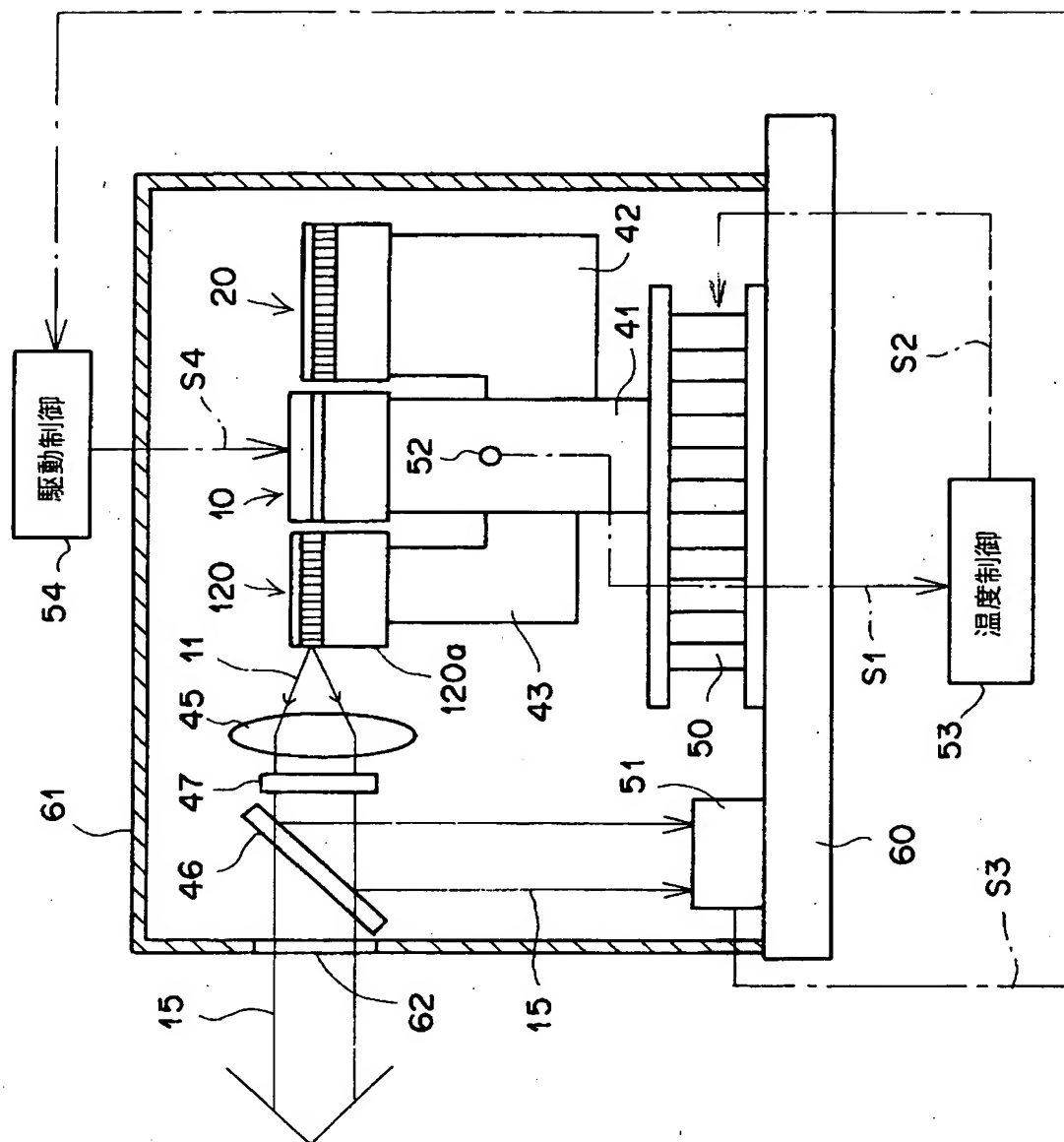
(a)



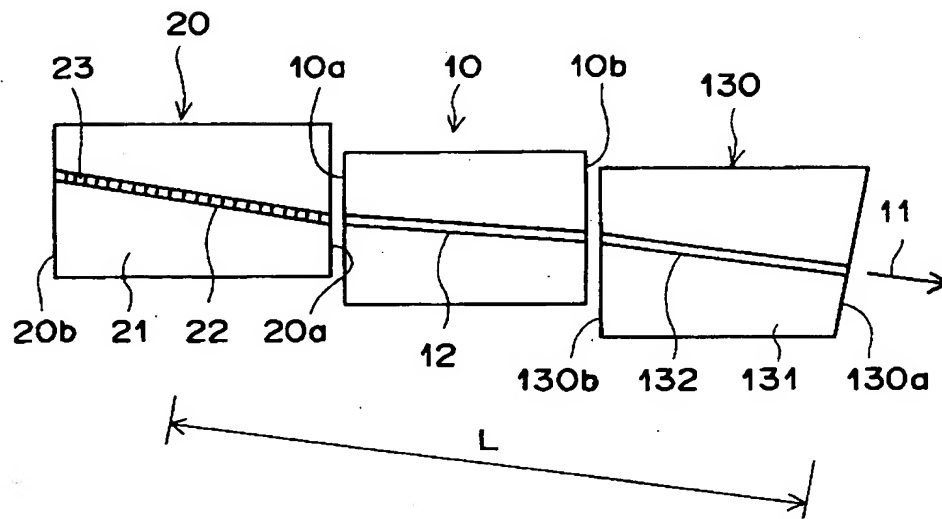
(b)



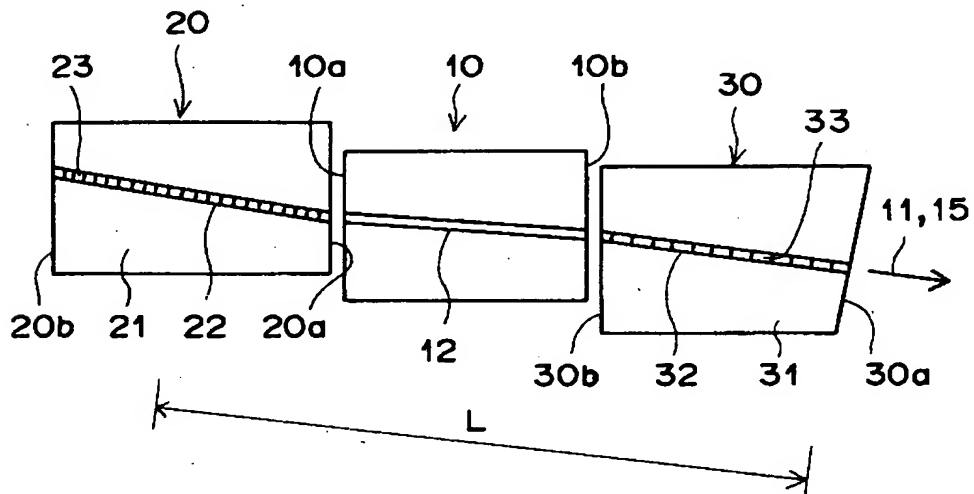
【図5】



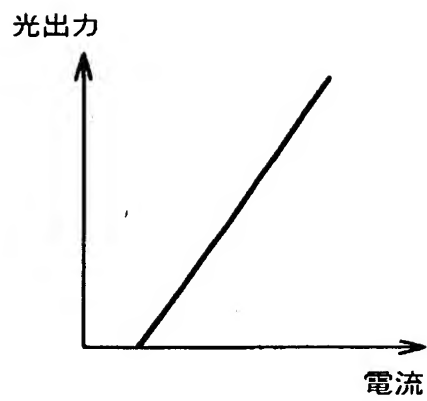
【図 6】



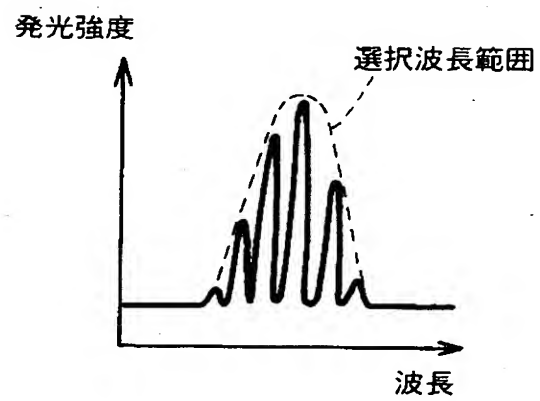
【図 7】



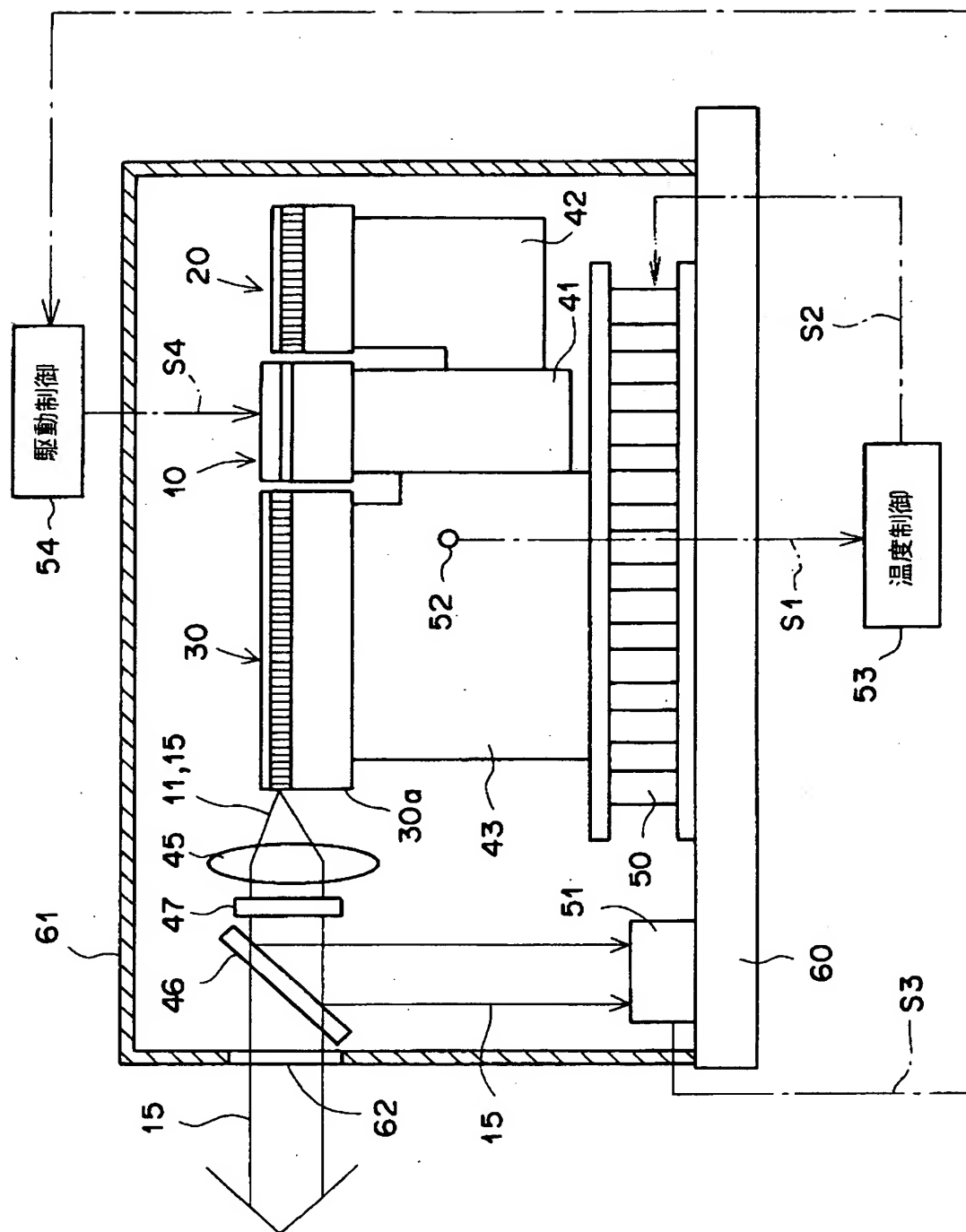
【図 8】



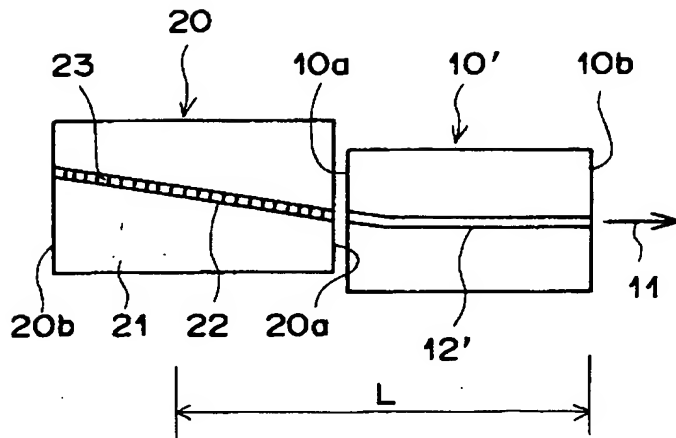
【図 9】



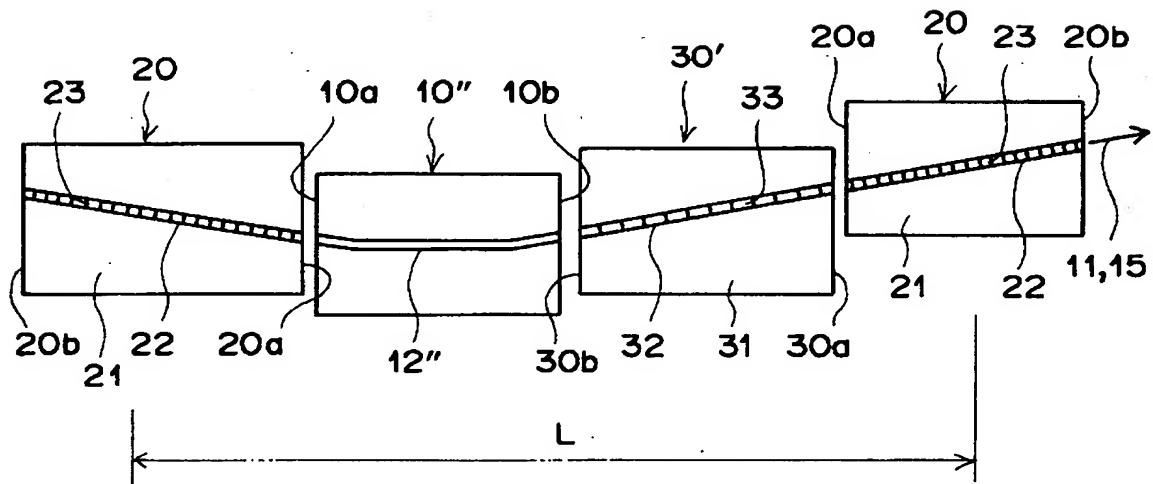
【図10】



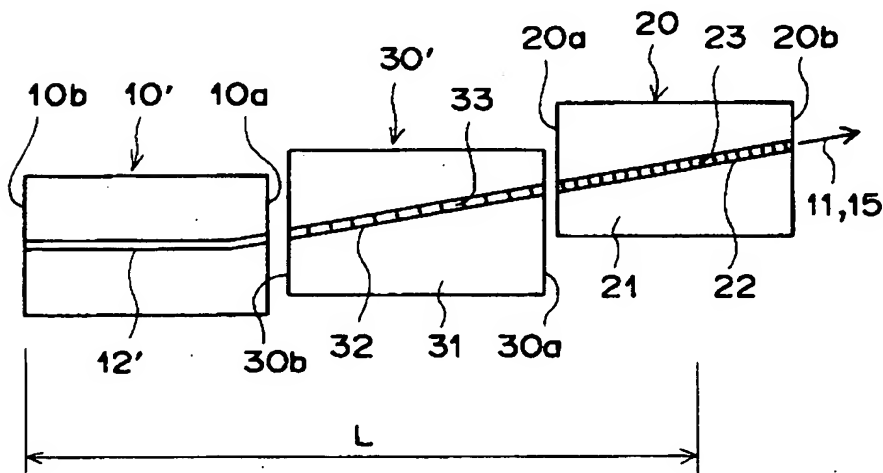
【図 1 1】



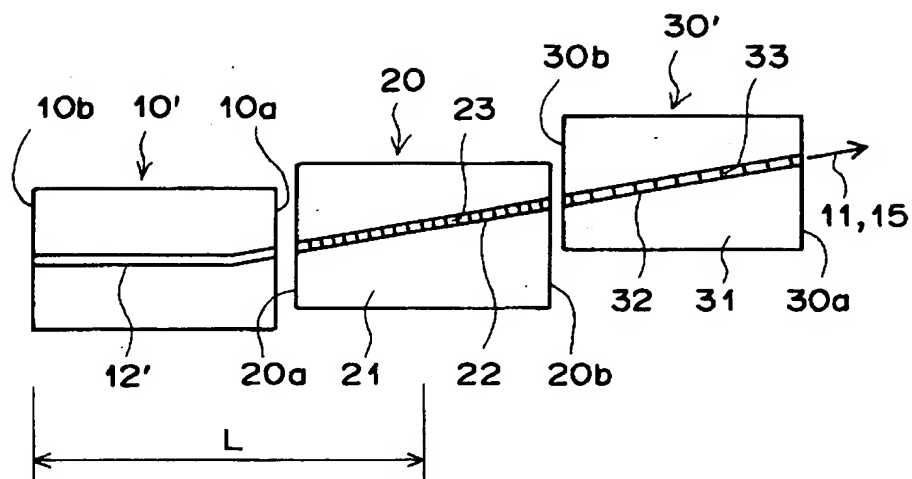
【図 1 2】



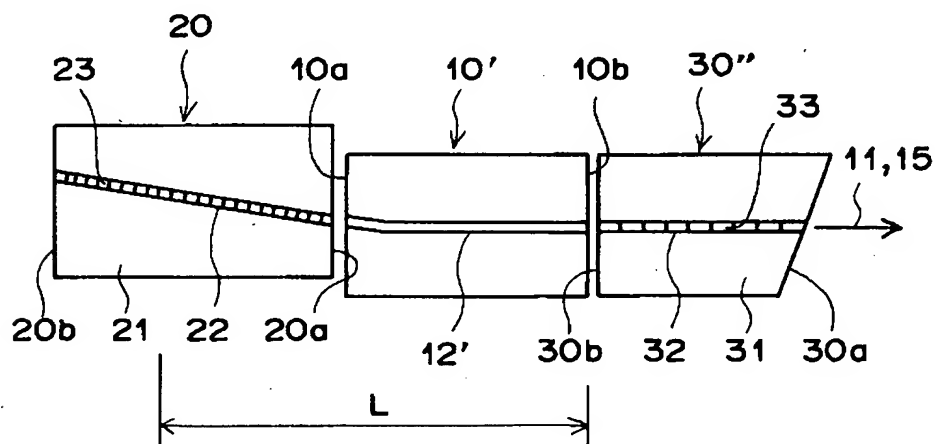
【図 1 3】



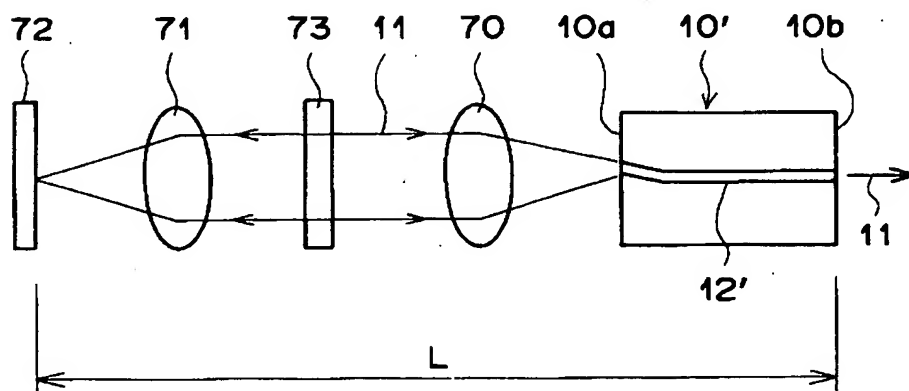
【図14】



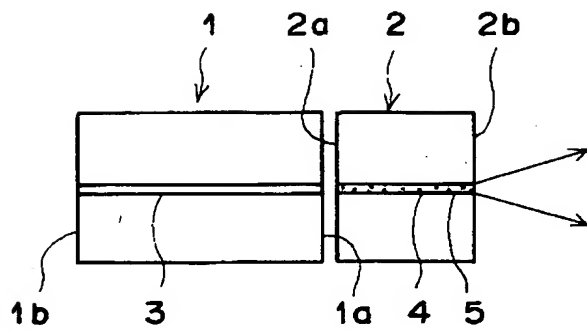
【図15】



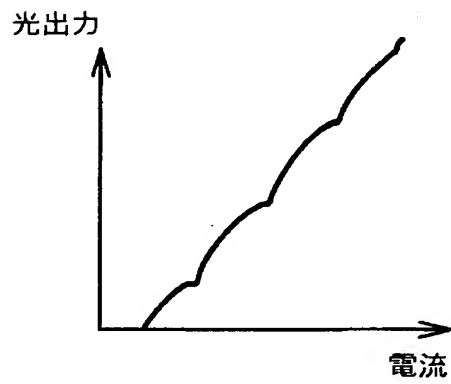
【図16】



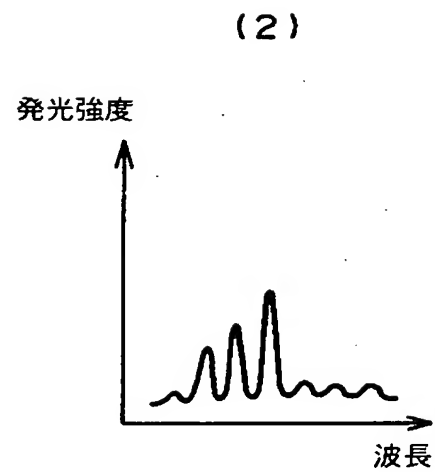
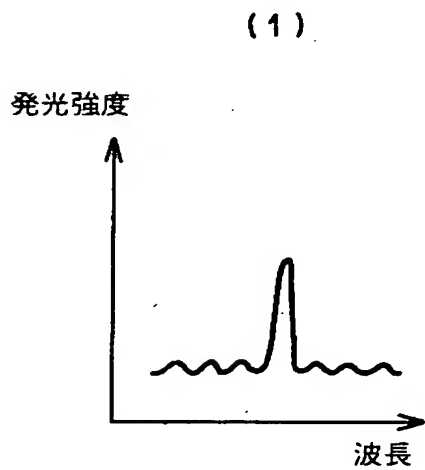
【図 17】



【図 18】



【図 19】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 半導体発光素子と、この半導体発光素子から発せられた光の波長を選択する波長選択素子を含む外部共振器とから構成されるレーザー光源を、選択された波長で安定して発振可能とする。

【解決手段】 半導体発光素子10と、そこから発せられた光の波長を選択する第1の波長選択素子20および第2の波長選択素子120を有し、例えばこれらの波長選択素子20、120によって外部共振器が構成されたレーザー光源において、半導体発光素子10の劈開された2つの端面のうち外部共振器を構成しない端面10a、10bに対して、該半導体発光素子10のストライプ12を斜めに形成し、この外部共振器を構成しない端面10a、10bに、発振波長に対する反射防止コートを施す。

【選択図】 図1

認定・付加情報

特許出願の番号	特願 2000-372286
受付番号	50001577049
書類名	特許願
担当官	第五担当上席 0094
作成日	平成12年12月 8日

<認定情報・付加情報>

【提出日】	平成12年12月 7日
【特許出願人】	
【識別番号】	000005201
【住所又は居所】	神奈川県南足柄市中沼 210 番地
【氏名又は名称】	富士写真フイルム株式会社
【代理人】	申請人
【識別番号】	100073184
【住所又は居所】	神奈川県横浜市港北区新横浜 3-18-20 B E N E X S-1 7階 柳田国際特許事務所
【氏名又は名称】	柳田 征史
【選任した代理人】	
【識別番号】	100090468
【住所又は居所】	神奈川県横浜市港北区新横浜 3-18-20 B E N E X S-1 7階 柳田国際特許事務所
【氏名又は名称】	佐久間 剛

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号

[000005201]

1. 変更年月日	1990年 8月14日
[変更理由]	新規登録
住 所	神奈川県南足柄市中沼210番地
氏 名	富士写真フイルム株式会社